

红壤侵蚀区植被恢复研究综述

吕仕洪, 向悟生, 李先琨, 唐润琴

(广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西桂林 541006)
中 国 科 学 院

摘 要: 植被恢复是红壤侵蚀区生态恢复与重建的有效途径。二十多年来,红壤侵蚀区的植被恢复研究得到了快速发展,不少学者对红壤侵蚀区植被恢复的关键、原则、途径、步骤、模式及生态过程和机理等内容作了较为深入的探讨和研究,并在实际应用中取得了成效。

关键词: 热带亚热带; 红壤侵蚀区; 植被恢复; 综述

中图分类号: Q944.54 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2003)01-0083-07

A review of vegetation restoration in eroded area of red soil

LU Shi-hong, XIANG Wu-sheng, LI Xian-kun, TANG Run-qin

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and Academia Sinica, Guilin 541006, China)

Abstract: Vegetation restoration is an effective approach for ecosystem restoration and enhancement in eroded area of red soil. The research of vegetation restoration in eroded area of red soil such as the key problem, approaches, steps, models, the process and mechanism of ecology developed rapidly within recent twenty years, and a positive effect has been achieved in practical applications.

Key words: tropical and subtropical; eroded area of red soil; vegetation restoration; review

红壤是我国长江流域以南各种红色或黄色酸性土壤的总称,面积 2.18 亿 hm^2 , 占全国土地面积的 22.7%, 是我国重要的土壤资源和多种农林产品的主产区^[1,2]。多年来,由于自然与人为因素的干扰,红壤地区已成为我国水土流失范围最广、程度较高的地区,严重程度仅次于黄土高原^[3],环境日趋恶化,是我国治理土壤侵蚀和水土流失的重点区域之一。恢复生态学是二十世纪 80 年代以来得到迅速发展的现代生态学分支^[4],其理论已被广泛用于生态系统的恢复与重建、环境治理与可持续发展等方面的研究,引起人们越来越多的关注。植被恢复是恢复与重建红壤侵蚀区自然生态系统的有效途径。二十多年来,红壤侵蚀区植被恢复研究得到了快速

发展,不少学者对红壤侵蚀区植被恢复的原则、途径、步骤、模式及其生态过程和机理作了深入的研究,取得了令人瞩目的成果,为红壤侵蚀区的治理及可持续发展提供了范例和启示。

1 红壤侵蚀区的现状及特点

1.1 基本概况

红壤侵蚀区指土壤侵蚀强烈、水土流失严重和生态退化趋势明显的红壤分布区。红壤地区是我国两大水土流失区域之一,严重程度仅次于黄土高原。据报道^[2,5],红壤侵蚀区水蚀面积近 8 000 万 hm^2 , 风蚀面积约 500 万 hm^2 , 占红壤地区面积的 40%,

收稿日期: 2001-12-18; 修订日期: 2002-04-16

基金项目: 中国科学院生命科学与生物技术特别支持费项目(STZ-00-10)

作者简介: 吕仕洪(1968-), 广西玉林人, 助理研究员, 从事植物引种驯化和生态学领域的研究工作。

其中严重侵蚀的达 1 650 万 hm^2 , 侵蚀模数在 3 000 ~ 10 000 $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 之间, 最高已达 13 000 $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 相当于年失表土 1 cm 多。红壤中的花岗岩风化壳红土与北方黄土并列为我国两大侵蚀最严重的地质地貌单元^[6], 仅分布于江西、福建、广东、浙江等省的花岗岩侵蚀区面积即达 1 972 万 hm^2 。红壤侵蚀区分布较多的江西省, 年水土流失量达 1.64 亿 t, 而且还有不断恶化的趋势^[7]。

1.2 土壤侵蚀特点

水力侵蚀是红壤侵蚀区最主要的土壤侵蚀方式, 此外还有重力侵蚀和风力侵蚀, 主要有片蚀、沟蚀、崩岗、泻溜和泥石流等^[8,9]。史德明详细分析了各种侵蚀发生的原因、类型和特点, 以花岗岩母质红壤为例, 从土壤侵蚀开始发生到严重发展, 一般经历从面蚀到沟蚀再到切沟侵蚀和崩岗侵蚀等几个阶段, 相应地形成侵蚀程度不同的红壤侵蚀区。辛树帜等则指出, 面蚀多发生在红土岗地, 侵蚀程度较轻; 沟蚀和崩岗多发生于花岗岩和紫色砂页岩丘陵区, 侵蚀程度较重。

崩岗兼有水力侵蚀和重力侵蚀的双重特性, 是红壤侵蚀区特有的土壤侵蚀类型, 尤其在花岗岩地区更为常见和严重^[8~15]。崩岗发生的原因较为复杂, 类型多样。李思平、吴志峰认为, 崩岗的发生与花岗岩风化壳独特的岩土特性有关, 阮伏水则认为疏松深厚的花岗岩风化壳是崩岗侵蚀的物质基础和内在原因。对于崩岗的性质, 史德明、唐克丽等将其归为重力侵蚀, 辛树帜、徐朋等则将其归为水力侵蚀, 史学正则认为崩岗是水力侵蚀和重力侵蚀共同作用的结果。

1.3 红壤侵蚀区的环境特征

红壤侵蚀区是以水土流失、生态退化为基本特征的侵蚀环境。唐克丽^[14]指出, 侵蚀环境的主要特点表现为土地切割破碎, 自然植被退化, 生物多样性消失, 土壤质量急剧下降等。杨艳生^[16]、谢锦升等^[17]从自然环境和社会经济状况的特点来概括红壤水土流失区的环境特征: (1) 植被稀疏, 物种单一, 生物多样性低; (2) 土壤侵蚀、水土流失十分严重; (3) 水土资源下降, 土壤极端贫瘠, 土地生产力低下; (4) 生态环境恶化, 自然灾害频繁; (5) 生产落后, 区域经济贫困化明显。

1.4 红壤侵蚀区的主要类型

红壤侵蚀区是热带和亚热带典型的退化生态系统, 其生态系统的结构和功能已发生了根本性的变

化, 水土流失、土地退化是其最重要的特征。余作岳^[4]等认为退化生态系统包括裸地、森林采伐迹地、弃耕地、采矿废弃地等; 崔书红^[18]利用植被盖度、沟谷密度、侵蚀方式和风化壳出露状况作为退化指标, 将花岗岩侵蚀区划分为轻度、中度、强烈 3 个类型。在红壤侵蚀区形成与发展的过程中, 人类活动居于主导因素的作用^[8], 因此, 从人类开发利用土地及其资源的角度, 红壤侵蚀区主要有以下 3 种类型。

1.4.1 坡耕地 南方素有八山一水一分田之说, 坡耕地是重要的农业耕作区, 约占农用旱地的一半^[15,16], 如珠江流域的坡耕地约 433.76 万 hm^2 , 占流域水土流失面积的 76.0%, 是珠江流域水土流失的主要策源地^[19]; 长江流域现有坡耕地面积达 0.11 亿 hm^2 , 侵蚀模数高达 10 000 $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上, 年流失土壤 24 亿 t。坡度、耕作方式是影响坡耕地水土流失的关键性因子, 而陡坡垦殖和顺坡耕作更是坡耕地水土流失加剧的主要原因。据测定, 坡耕地的年水土流失量在 15° 时为 110.4 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 在 20° 时为 145.5 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 25° 时达 197.3 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 在 20° 的坡耕地上, 横坡开行的地表径流量和泥沙的冲刷量分别比顺坡开行减少 29.0% 和 79.9%^[20~22]。

1.4.2 荒山荒坡 我国南方的荒山荒坡面积近 4 800 万 hm^2 , 为面积最大的红壤侵蚀区, 主要分布于中山、低山和丘陵, 包括花岗岩区、紫色岩区和第四纪黏土区等地质类型。荒山荒坡的植被稀少, 层次单一, 土壤质地较差, 已失去了森林土壤湿润、疏松、多根穴的特性, 因而土壤侵蚀和水土流失仍较为严重。特别是裸地, 如花岗岩地区的“白沙岗”和第四纪红黏土的“红色沙漠”, 因缺乏植被的庇护, 加之风化作用强烈, 水土流失十分严重, 是红壤地区环境治理和生态重建的重点^[16,23]。

1.4.3 森林采伐迹地 森林采伐迹地是人工采伐森林而成的红壤侵蚀区, 是人为干扰而成的退化生态系统类型。由于南方地区地形复杂, 加之生产技术落后, 林业经营方式粗放, 传统经营措施仍十分普遍, 造成森林采伐迹地水土流失十分严重^[24]。以炼山为例, 炼山是南方山区清理采伐迹地最常用的方法, 但炼山对林地土壤结构、有机质含量、渗水率以及抗蚀性等会造成非常不利的影响。据俞新妥等测定, 杉木采伐迹地炼山产生的径流量和土壤流失量分别是不炼山的 11 倍和 88 倍^[24]。

1.5 红壤侵蚀区治理的基本措施

红壤侵蚀区治理的基本措施包括工程措施,生物措施和耕作措施^[4,9,15]。工程措施是基础,生物措施是主力军,而耕作措施则是辅助性措施。红壤侵蚀区治理措施常因侵蚀方式或地域的不同而略有差异,坡耕地主要采取工程措施和耕作措施,如坡改梯、免耕和间作等;荒山荒坡、灌丛及稀疏林地则多采取“封山育林、定期开山”的生物措施,减少人为干扰,使自然植被逐步得到恢复。

崩岗是红壤侵蚀区中土壤侵蚀最严重、危害极大的侵蚀类型,是红壤侵蚀区治理的难点,必须采取综合措施治理,才能遏制崩岗的蔓延和发展。在崩岗治理中,人们结合利用工程措施、生物措施和耕作措施,采用“上堵、下截、中绿化”的方法^[8,9,15],取得了良好效果并积累了丰富经验。如广东省五华县新一村,通过采用上述方法,三年内已使一个崩岗区的年均侵蚀量从 418 t 降至 20 t,效果非常显著^[26]。

2 红壤侵蚀区植被恢复研究的历史与现状

2.1 植被恢复的意义

概括地说,植被恢复是指运用生态学原理,结合利用植物措施和其它措施,修复或重建被毁坏或被破坏的森林和其他自然生态系统,恢复其生物多样性及其生态系统功能。植被恢复与植被重建、植被修复、生物多样性恢复以及生物工程治理等都是内涵基本相同的词语^[4,6,15,16],它既是一种治理手段,同时也是治理的过程和目的。

植被是生态系统物质循环和能量交换的枢纽,是防止生态退化的物质基础。因此,植被恢复是退化生态系统恢复的前提,同时也是退化生态系统恢复的关键。

2.2 红壤侵蚀区植被恢复研究的历史回顾

中国科学院华南植物研究所是较早开展红壤侵蚀区植被恢复研究的单位之一^[4]。早在 1959 年,该所就与广东省电白县小良水土保持试验推广站协作,在水土流失最为严重的沿海台地上进行人工植被重建试验研究,至今已有四十多年。1984 年起,该所在广东省鹤山市建立鹤山丘陵试验站,经过十多年的建设和发展,在荒山草坡上组建成 8 个人工林生态系统,开展了退化生态系统恢复、森林生态系统结构、功能和动态以及生态农业优化模式示范等

内容的研究。与此同时,为研究退化生态系统自然恢复与演替的规律,该所还在广东省鼎湖山自然保护区和广州市白云山等地设立了定位研究站,对亚热带森林植被自然恢复的特点和规律等内容作了深入研究,取得了多项成果。

二十世纪 80 年代至今,红壤侵蚀区的植被恢复研究得到了快速发展,并迅速成为生态学领域的热点之一。中国科学院先后在江西的泰和(千烟洲)和鹰潭、湖南的桃源和会同等南方丘陵区建立了农业生态实验站,旨在开展综合开发治理等内容的科学研究;福建、浙江、广西等地的科研人员结合本地的综合治理和经济开发,也进行了植被恢复的一些试验性研究^[27~32]。

2.3 红壤侵蚀区植被恢复研究的主要内容

2.3.1 红壤侵蚀区植被恢复的基础和关键 红壤侵蚀区由于水土流失严重,环境条件恶劣,土壤贫瘠,温湿度变化明显,极不利于植物的成活和生长。杨艳生^[33]认为,水土流失区生物多样性的恢复重建,必须以解决土壤严重缺水、养分贫瘠以及抗逆植物品种的培育等问题为基础,才能达到恢复重建的目的。

王维明^[31]通过试验研究和野外调查,指出植被重建能否成功和取得成功很大程度上取决于植物种类的选择,只有选用具有良好水土保持功能和较好经济效益的、适应当地生长的植物种类,才能取得好的治理效果。

花岗岩侵蚀坡地属于比较典型的红壤侵蚀区,是红壤侵蚀区植被恢复的重点和难点。阮伏水等^[34]在研究及调查分析的基础上,系统地分析了花岗岩侵蚀区植被重建的关键在于其生态系统潜在不稳定性(脆弱性)、恢复能力的差异性、地带性植被的种群配置问题、重建植被中的群落演替问题等。并由此提出,人工植被群落的发育过程必须与土壤肥力恢复过程相适应,注重植被生长,避免“空中绿化”;人工群落的配置以本土树种与引进树种相结合,进行多层次混交为宜,着眼于建立地带性森林生态系统。

2.3.2 红壤侵蚀区植被恢复的原则 红壤侵蚀区的植被恢复实质上就是其生物多样性的恢复。具有严格地带性是生物多样性的主要特点之一。要使红壤侵蚀区的生物多样性得到有效恢复,杨艳生提出^[16],必须遵循的原则有生物气候区域适应原则,水热地域差异适应原则,循序渐进原则和科技促进

原则等。只有遵循上述几项原则,才能使红壤侵蚀区的生物多样性得以恢复。

牛德奎等^[35]从红壤侵蚀区植被恢复与可持续发展的关系,提出植被重建的原则包括:(1)群落演替原则;(2)群落结构原则;(3)适地适树原则;(4)生物多样性原则;(5)生态系统原则;(6)重建与利用相结合原则;(7)群落稳定性原则。

章家恩等^[36]将退化生态系统恢复和重建的原则分为自然法则、社会经济技术原则和美学原则三个方面,各个方面又包含了若干个基本原则,并指出,自然法则是生态恢复与重建的基本原则,只有遵循自然规律才是真正意义上的恢复与重建;社会经济条件是生态恢复与重建的后盾和支柱,在一定尺度上制约着恢复重建的可能性、水平与深度;美学原则是指退化生态系统的恢复重建应给人们以美的享受。

2.3.3 红壤侵蚀区植被恢复的途径 自然封育和人工重建是红壤侵蚀区植被恢复的两种基本途径^[27]。红壤侵蚀区植被恢复的途径主要取决于其植被退化程度、自我恢复能力以及恢复方向等。此外,其它因素还包括气候、地质地形、土壤肥力状况、种源以及经济发展水平、交通条件和科技水平等。

2.3.3.1 自然封育 亦称封育、封山育林,国外称为“中国式造林法”^[37]。自然封育的方式有全封、半封和轮封等,具有操作简单、经济省事的优点,其成本仅为人工造林的 10%~15%,常用于灌丛林地、稀疏林地和天然林采伐迹地更新等,尤其适宜于交通不便、人口较少、经济发展落后以及不宜人工造林的山区。

在封育的基础上,适当地加以人为干扰能够加速自然封育的植被恢复和改变其演替方向,次生林改造、稀疏林地补植是促进退化植被加速定向演替而常用的方法,人工抚育则通过促进目的种的生长、减少非目的物种干扰,从而有利于退化植被的自然恢复。近年来国内外推崇的“宫胁法”和“近自然林业”,是自然封育与人工促进相结合加速植被恢复较为成功的途径^[32,38]。

自然封育对红壤侵蚀区退化植被的演替及其功能的影响涉及植被覆盖率、种群数量、群落结构及其综合生态功能等^[4,27]多个方面。如鼎湖山马尾松群落(400 m²)封育 14 a 后,物种多样性、均匀度指数、生态优势度和群落结构等发生了较大变化。孔德珍对江西千烟洲不同退化演替阶段的四个自然群

落的封育结果调查表明,自然封育的植物群落的种数、覆盖度和生物量由少变多,而径流系数和土壤侵蚀模数则由大变小,效果十分明显。

2.3.3.2 人工重建^[4,27,39] 人工重建是加速红壤侵蚀区植被恢复的有效途径,也是植被恢复研究的重要手段。实践证明,经过一定的人工措施的启动,极度退化的热带亚热带森林是可以恢复的。人工重建主要是模拟自然林的种类成分和群落结构特点,建造某一类型的植物群落,启动植物群落的顺向演替,比如在寸草不生的裸地上建造先锋群落,是比较典型的人工重建方式。

许多学者对人工重建的方法和理论作了较多的研究。江西千烟洲生态试验站根据森林植被的用途,引进 50 多种乔木、灌木树种和草种,人工营造了薪炭林、用材林和经济果木林等多种森林植被和草地植被。华南植物研究所自 1959 年起,先后在广东小良、鹤山等地,于裸地和人工林(桉树林)采伐迹地上营造人工混交林。其中小良试验站的人工混交林,经过三十多年的发展,每 100 m² 中的物种从原来的两三种发展到 10 余种甚至几十种,平均每 200 m² 的调查样地已达 25.7 种。

2.3.4 红壤侵蚀区植被恢复的步骤 红壤侵蚀区的植被恢复步骤取决于其植被现状、土壤侵蚀程度、恢复途径以及目标等。史学正等^[15]根据我国亚热带各种土壤侵蚀类型的不同特点,提出了各类侵蚀区生物工程治理的方法和步骤;小良试验站在寸草不生的热带侵蚀台地上成功地完成了植被重建以及鼎湖山、白云山等地区的亚热带退化森林植被的自然恢复,是红壤侵蚀区植被恢复按类别、分步骤进行并获得成效的典型例子^[4]。仅以极度退化红壤侵蚀区和次生林地生态系统的恢复,阐述红壤侵蚀区植被恢复的基本步骤。

极度退化的红壤侵蚀区在自然条件下很难或根本无法恢复植被,只有依靠人工重建才能完成植被恢复的目标^[4,15,16]。其植被恢复首先控制水土流失,创造适宜植物生长的环境条件;其次选用耐旱、耐瘠、速生的树种和草种重建先锋群落;第三步配置植物种群,构建地带性植物群落;第四步是统一规划,按照生产型或生态型的目标构建多类型的自然生态系统。

次生林地的自我恢复能力较强,恢复过程亦较短,主要以自然封育为主、人工改造与抚育为辅,具体步骤包括:(1)封山育林;(2)林分改造;(3)人工抚

育。这种以自然封育与人工促进相结合的方法,能够加快植被恢复的速度,并可随人们的意愿演替和发展^[4,40]。

2.3.5 红壤侵蚀区植被恢复的基本模式 恢复生态学的研究涉及种群层面、群落层面、生态系统和景观等多个不同的层次^[39],而植被恢复模式也因研究的层次而异。群落层面在植被恢复研究中涉及较多,由乔、灌、草之间搭配而形成的各种模式,在研究和实际应用中最为常见。

生态效益和经济效益常是比较不同植被恢复模式优劣的重要指标。姚毅臣^[41]等以水土保持为尺度,系统地评价了乔、灌、草之间组合而成的各种模式优劣,并总结出它们的特点和规律。李相玺^[42]等综合经济效益和生态效益,评价乔灌草结构的大小顺序为:乔灌草模式>灌草模式>乔灌模式>乔草模式>乔木纯林,如土壤侵蚀量前4种模式分别比乔木纯林模式减蚀达74.9%,65.6%,62.5%和61.6%,对比效果比较明显。

乔灌草组合模式常用于马尾松纯林或残次林改造以及果园套种。冯蔚稔^[43]利用湿地松、南岭黄檀、胡枝子、马唐和牧草等改造马尾松纯林,改变了林分的性质,使土壤结构和土壤肥力状况得到明显改善,原先为“小老头树”的马尾松呈现“返老还童”趋势,地表径流量减少了50%~60%,泥沙冲刷亦减少80%~90%。章家恩^[44]等在赤红壤坡地荔枝幼龄果园间种柱花草、百喜草等6种牧草,增加了地表植被覆盖,水保效率提高50%~60%,同时亦提高了土壤肥力和土地生产力,促进了幼龄果树的生长。

2.3.6 红壤侵蚀区植被恢复生态过程与机理 红壤侵蚀区植被恢复实质上就是植物群落不断演替的过程和结果。从人工重建先锋群落建成或自然封育后,演替不久便开始发生^[4]。不同演替阶段之间的每一个群落是演替过程中的系列群落,植被恢复的生态学过程与机理,可以从系列群落的生态学特征及其他特征得到较为充分的反映。

中国科学院小良试验站和白云山观测站^[4],采取以空间代替时间的方法,选择多个不同植被类型而地貌、岩性、土壤类型和坡度等基本一致的集水区,对植物、动物、昆虫、土壤动物和土壤微生物等方面的生物、生态环境效益进行动态观测研究。结果表明,在植被的恢复过程中,植物群落的种类和种群数量、种间关系、群落结构、生物多样性不断发生变

化,且存在一定规律性;与此同时,植物群落的第一性生产力逐步提高,环境条件也得到改善,整个生态系统发生了根本性变化。

以植被覆盖率对水土流失和土壤肥力等的影响揭示植被恢复的生态过程与机理,在植被恢复研究中亦较为常见。李先琨^[27]等在桂东南花岗岩崩岗区植被恢复试验研究中,当植被覆盖率由10%提高到60%~80%时,径流系数从0.02~0.93下降到0.00~0.51,径流减少51.43%~91.45%,产沙量减少92.90%~99.32%,有机质提高30%~63%,植被结构、水土流失和土壤肥力等均发生了明显变化。

3 存在问题与发展方向

3.1 存在问题

二十多年来,红壤侵蚀区植被恢复研究得到了快速发展,其初步形成的理论体系为今后红壤侵蚀区的治理和植被恢复提供了科学依据,一些地区取得的成效亦为其他地区提供了成功范例。但是,因发展历史不长,红壤侵蚀区植被研究的方法、理论和内容有待进一步深入和完善。笔者认为,目前存在的问题主要表现在以下几个方面。

(1)研究对象及应用范围有限。纵观二十年来的红壤侵蚀区植被恢复研究,主要涉及坡耕地、荒山荒坡和森林采伐迹地等类型的红壤侵蚀区,取得成效比较显著;而对南方分布面积较广,且存在一定污染危险的其他类型的红壤侵蚀区虽然已有人研究,但效果不甚理想,如采矿废弃地、垃圾堆放场等^[45]。

(2)植被退化、土壤状况(水分、养分)、群落优势种相互之间的关系认识不够。目前尚不能从植被退化、土壤状况和群落优势种相互之间的关系来确定红壤侵蚀区植被所处的演替阶段,从而不能有针对性地采取相应的植被恢复对策、途径和步骤,提高植被恢复的效益。

(3)外来种与本土种的选择与利用。外来种在红壤侵蚀区植被恢复研究中普遍受到重视和应用,与此相反,本土种的被重视程度不够,其选用范围仅限于一些具有特殊性质或经济价值的种类,与红壤地区是我国植物种类最丰富的地位极不相称。

(4)植被恢复效益评价指标过于简单和主观。多数研究者仅是以植被覆盖率、水土流失和土壤肥力恢复等几个可测性指标的变化幅度来评价植被恢

复的效益,没有建立评价红壤侵蚀区植被恢复效益的综合评价体系。

3.2 红壤侵蚀区植被恢复研究的趋势^[4,6,35]

余作岳等认为,红壤侵蚀区的植被退化是一个逆向演替的过程。这个过程可以分为若干个以土壤水分和养分等为主要特征的演替阶段,处于不同阶段的植物群落有其相应的群落优势种。因此,红壤侵蚀区植被群落优势种的确定是植被恢复的重要基础,并可反映群落优势种密切相关的生态因子的基本特征。植被恢复今后应加强研究的领域主要有:

(1)群落优势种与红壤侵蚀区退化阶段关系的研究。揭示红壤侵蚀区退化阶段与其群落优势种的内在联系,根据现存植物群落优势种确定红壤侵蚀区植被退化阶段,或者根据其退化阶段确定植被恢复群落的优势种,掌握该优势种的生物学特性和对环境的适应性及生态位关系,由此构建植被恢复群落的优化结构。

(2)红壤侵蚀区退化阶段与土壤特征关系的研究。了解红壤地区主要土壤类型以土壤水分和养分为主要特征的退化规律,从而根据红壤侵蚀区的土壤特征确定其植被退化阶段。

(3)胁迫因素及其控制方法的研究。胁迫因素是制约植被恢复群落发生发展的关键因素。揭示各阶段的胁迫因素及其控制方法,有利于探求适应于不同土壤类型,不同侵蚀程度地区植被恢复方法。

(4)乡土种的筛选与应用研究。筛选优良的乡土种类,既能充分挖掘红壤地区丰富的植物资源,又有利于建立适合地方自然条件和经济发展特点的植被恢复模式。

4 结束语

植被恢复是红壤侵蚀区生态恢复与重建的有效途径。二十多年来,红壤侵蚀区植被恢复研究得到了快速发展。人们不但从理论上探讨了红壤侵蚀区植被恢复的必要性和可能性,而且在实践中取得了明显的效果并积累了不少经验,丰富和发展了植被恢复的理论,为今后红壤侵蚀区的植被恢复及可持续发展提供了科学依据。

参考文献:

[1]《中国农业土壤概论》编委会. 中国农业土壤概论[M]. 北京: 农业出版社, 1982.

- [2] 赵其国. 我国红壤的退化问题[J]. 土壤, 1995, 27(6): 281—286.
- [3] 史德明, 周伏健, 徐 朋. 我国南方土壤侵蚀动态与水土保持发展趋势[J]. 福建水土保持, 1993, (3): 9—13.
- [4] 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1996.
- [5] 赵其国. 红壤退化问题研究刻不容缓[N]. 中国科学报, 1995, (第 796 期)第一版.
- [6] 彭少麟. 恢复生态学与植被重建[J]. 生态科学, 1996, 15(2): 26—31.
- [7] 肖荣诒. 江西省水土流失现状及其防治对策[J]. 水土保持学报, 1994, 14(3): 39—43.
- [8] 李庆逵. 中国红壤[M]. 北京: 科技出版社, 1983.
- [9] 辛树帜, 蒋德麒. 中国水土保持概论[M]. 北京: 农业出版社, 1982.
- [10] 徐 朋, 林卫烈. 福建崩岗的分类命名初探[J]. 福建水土保持, 1991, (4): 37—39.
- [11] 李思平. 广东崩岗形成的岩土本质[J]. 福建水土保持, 1991, (4): 28—32.
- [12] 吴志峰, 王继增. 华南花岗岩风化壳岩土特性与崩岗侵蚀的关系[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 31—35.
- [13] 阮伏水. 福建崩岗侵蚀机理初探[J]. 福建水土保持, 1991, (4): 33—36.
- [14] 唐克丽. 中国土壤侵蚀与水土保持学的特点与展望[J]. 水土保持学报, 1999, 6(2): 2—7.
- [15] 史学正, 于东升. 我国亚热带土壤侵蚀的生物工程治理[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 137—141.
- [16] 杨艳生. 第四纪红粘土侵蚀区生物多样性恢复重建研究(I)恢复重建原则和模式[J]. 水土保持研究, 1998, 5(2): 90—94.
- [17] 谢锦升, 李春林, 陈光水, 等. 花岗岩红壤侵蚀生态系统重建的艰巨性探讨[J]. 福建水土保持, 2000, 12(4): 3—6.
- [18] 崔书红. 花岗岩风化壳土地退化及其危害[J]. 水土保持通报, 1994, 14(5): 53—58.
- [19] 杨德生. 珠江流域坡耕地的整治[J]. 水土保持研究, 2000, 7(3): 69—71.
- [20] 熊 铁, 廖纯燕. 长江中上游水土保持建设在防洪中的作用[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 8—12.
- [21] 赵燮京, 庞良玉, 张建华, 等. 改善生态环境, 防治长江上游水土流失[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 88—92.
- [22] 张凤州. 必须重视水土保持耕作措施[J]. 中国水土保持, 1985, 6(3): 7—8.

- [23] 杨艳生. 我国南方红壤流失区水土保持技术研究[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 117—120.
- [24] 杨玉盛, 陈光水, 谢锦升. 南方林业经营措施与土壤侵蚀[J]. 水土保持通报, 2000, 20(6): 55—59.
- [25] 俞新妥, 杨玉盛, 何智英, 等. 炼山对杉木人工林生态系统的影响, I. 炼山初期林地水土流失的初步研究[J]. 福建林学院学报, 1989, 9(3): 238—255.
- [26] 钟继红, 唐淑英, 谭 军. 南方山区花岗岩风化壳崩岗侵蚀及其防治对策[J]. 水土保持通报, 1991, 11(4): 25—28.
- [27] 程 彤. 红壤丘陵生态系统恢复与农业持续发展研究(第二集)[M]. 北京: 气象出版社, 1998.
- [28] 中科院红壤丘陵开发战略研究小组. 综合开发南方红壤丘陵区——我国农业的出路之一[J]. 土壤, 1990, 22(3): 113—117.
- [29] 李先琨, 黄玉清, 苏宗明, 等. 广西水土流失重点区域生态恢复试验研究[J]. 水土保持通报, 1997, 17(6): 1—6.
- [30] 汪传桂. 荒山地力恢复技术[J]. 林业科技通讯, 2000, (11): 23—25.
- [31] 王维明. 闽东南坡地植被恢复重建途径研究[J]. 水土保持研究, 2000, 7(3): 138—141.
- [32] 王良珩, 王希华, 宋永昌. 天童林场采用“近自然林业”理论恢复退化天然林和改造人工林研究[J]. 林业科技通讯, 2000, (11): 4—6.
- [33] 杨艳生. 第四纪红粘土侵蚀区生物多样性恢复重建研究(II)恢复重建关键技术与可持续发展[J]. 水土保持研究, 1998, 5(2): 82—86.
- [34] 阮伏水, 周伏建. 花岗岩侵蚀坡地重建植被的几个关键问题[J]. 水土保持学报, 1995, 10(2): 19—25.
- [35] 牛德奎, 郭晓敏. 红壤侵蚀区植被重建与可持续发展[J]. 水土保持研究, 1998, 5(2): 90—94.
- [36] 章家恩, 徐 琪. 恢复生态学研究的一些基本问题探讨[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 109—113.
- [37] 张华耀, 朱 恒. 低丘稀疏马尾松林封山改造的研究[J]. 江西林业科技, 1993, (3): 1—2.
- [38] Miyawaki A. Restoration of native forests from Japan to Malaysia[A]. In: Lieth H. & Lohmann M. (eds). Restoration of Tropical Forest Ecosystems [C]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993, 5—24.
- [39] 彭少麟, 赵 平, 张经炜. 恢复生态学与我国亚热带退化生态系统的恢复[J]. 中国科学基金, 1999, 13(5): 279—282.
- [40] 许再富, 刘茂芳. 热带雨林退化生态系统生物多样性的消失与修复探讨[J]. 云南植物研究, 1996, 18(4): 433—436.
- [41] 姚毅臣, 李相玺, 左长清. 花岗岩侵蚀区人工植物群落水土保持功能评价及其结构优化[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(4): 62—68.
- [42] 李相玺, 左长清, 姚毅臣, 等. 花岗岩侵蚀区植被层次结构优化模式研究[J]. 水土保持研究, 1997, 4(1): 202—207.
- [43] 冯蔚徐. 乔灌草复合群落治理水土流失试验简报[J]. 江西林业科技, 1990, (1): 21—22.
- [44] 章家恩, 段舜山, 骆世明, 等. 赤红壤坡地幼龄果园间种不同牧草的生态环境效应[J]. 土壤与环境, 2000, 9(17): 42—44.
- [45] 束文圣, 张志权, 蓝崇钰. 中国矿业废弃地的复垦对策研究(I)[J]. 生态科学, 2000, 19(2): 24—29.

(上接第 95 页 Continue from page 95)

- 17(3): 242—245.
- [3] 杨居荣, 贺建群, 张国祥, 等. 不同耐性作物中几种酶活性对 Cd 胁迫的反应[J]. 中国环境科学, 1996, 16(2): 113—117.
- [4] 赵亚华. 生物化学实验技术教程[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2000. 151—152.
- [5] 静天玉, 赵晓瑜. 用终止剂改进超氧化物歧化酶邻苯三酚测活法[J]. 生物化学与生物物理进展, 1995, 22(1): 84—86.
- [6] 沈 同, 王镜岩, 赵邦悌. 生物化学(上册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987. 246—248.